

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 01.09.2026 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Ана Петровић под насловом „Аутономно управљање возилом засновано на детекцији саобраћајних трака применом рачунарског вида". Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Ана Петровић је рођена 14.08.2000. године у Београду. Завршила је основну школу „Др Драгиша Мишовић”, а затим и Гимназију у Чачку као вуковац. Током школовања освојила је неколико награда на такмичењима из математике. Електротехнички факултет уписала је 2019. године. Дипломирала је на одсеку за Сигнале и системе 2023. године са просечном оценом 9,28. Дипломски рад одбранила је у септембру исте године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на Модулу за сигнале и системе уписала је у октобру 2023. године. Положила је све испите са просечном оценом 9,6.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Ана Петровић је као припрему за израду мастер рада урадила истраживање релевантне литературе која се односи на област којој припада тема мастер рада. Конкретно, анализирана су постојећа решења и проблеми у области аутономног управљања возилом и одржавања возила унутар саобраћајне траке на основу визуелних информација са камере. Истраживањем је утврђено да постоје следећи приступи који се користе за овај задатак: традиционалне методе рачунарског вида засноване на геометријским трансформацијама (птичија перспектива – Bird's-Eye View, BEV), издвајању градијента и сегментацији боје; конволуционе неуралне мреже за семантичку сегментацију коловозних ознака (попут UNet и DeepLabV3+ архитектура) у спрези са геометријским алгоритмима вођења возила (као што су Pure Pursuit и модификовани Stanley контролер); као и модели за директно учење управљања од краја до краја (end-to-end), укључујући регресионе конволуционе мреже (NVIDIA PilotNet) и велике мултимодалне/визуелно-језичке моделе (VLM). Анализом решења утврђено је да сваки од приступа представља специфичан компромис између рачунарске захтевности, тачности и робусности, при чему је за практичну реализацију на систему са ограниченим ресурсима перспективан приступ који омогућава поређење различитих алгоритамских грана у реалном времену.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 51 страну, са укупно 29 слика, 5 табела и 32 референце. Рад садржи увод, 4 поглавља, закључак (укупно 6 поглавља) и пратеће спискове литературе, скраћеница, слика и табела.

Прво поглавље је увод у коме су дефинисани мотив, предмет и циљ рада – аутономно одржавање возила у саобраћајној траци (lane keeping) на платформи такмичења Bosch Future Mobility Challenge (BFMC).

Друго поглавље описује хардверску архитектуру возила (Reely TC-04 шасија, BLDC мотор, серво, LiPo батерија, PDB) и уграђени систем са Raspberry Pi 4 рачунаром, STM32 Nucleo-F401RE микроконтролером и IMU јединицом, као и камеру (640×480) и двосмерни UDP протокол на порту 7777.

Треће поглавље излаже методологију обраде слике и управљања: BEV пројективну трансформацију са метричком скалом, традиционални рачунарски вид (Sobel X, HLS сегментација, PHT и хистограми, клизећи прозори, полиноми 2. реда), моделе семантичке сегментације (UNet и DeepLabV3+), end-to-end моделе (NVIDIA PilotNet, Gemini 2.5 Flash и Qwen2-VL фино подешен QLoRA методом) и три алгоритма вођења (комбиновани, Pure Pursuit и Stanley).

Четврто поглавље описује софтверски систем на серверској страни (Flask бекенд са UDP и REST интерфејсима) и веб контролну таблу (React и Vite) кроз три режима рада: Setup (подешавање параметара),

Run (праћење вожње уживо или офлајн) и Remote (ручно управљање и аквизиција података).

Пето поглавље даје поступак формирања тестне стазе (7,87 m), прикупљање и анотацију података, евалуацију сегментације (IoU 0,897 за UNet и 0,902 за DeepLabV3+), PilotNet регресије (MAE 2,35°) и Qwen2-VL модела (MAE 2,089°), као и мерења брзине (FPS) на CPU и GPU (A100) уз поређење метода.

Шесто поглавље је закључак са рекапитулацијом резултата, анализом међусобних компромиса и правцима даљег развоја (Jetson Orin Nano, лакше неуралне мреже, камере ширег видног поља).

4. Анализа са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Ане Петровић бави се проблематиком аутономног управљања возилом и одржавања унутар саобраћајне траке на бази визуелних података, применом рачунарског вида и дубоког учења. Развијен је комплетан експериментални систем на моделу возила (BFMC платформа са Raspberry Pi 4 и STM32 Nucleo микроконтролером), повезан путем UDP протокола (порт 7777, 15 Hz) са Flask сервером и интерактивном React/Vite контролном таблом.

Посебна вредност рада је упоредна анализа четири различита приступа:

- 1) традиционална обрада слике (BEV трансформација, Sobel X, HLS, PHT, клизећи прозори и полиноми 2. реда);
- 2) семантичка сегментација дубоким мрежама (UNet и DeepLabV3+) са геометријским контролерима (комбиновани, Pure Pursuit и Stanley);
- 3) директно _end-to-end_ управљање регресионом мрежом NVIDIA PilotNet;
- 4) велики мултимодални модели (Gemini 2.5 Flash и фино подешени Qwen2-VL).

Основни резултати рада су:

1. ****Модуларни систем и контролна табла****: Успостављена је дистрибуирана архитектура и веб интерфејс са три режима (Setup за калибрацију, Run за аутономни рад и Remote за даљинско управљање и аквизицију података);
2. ****Тачност перцепције и вођења****: Сегментациони модели остварили су test IoU од 0,897 (UNet) и 0,902 (DeepLabV3+). PilotNet је постигао високу тачност уз MAE од 2,35° (RMSE 3,39°), док је Qwen2-VL остварио MAE од 2,089°, уз израженије појединачне грешке (RMSE 4,436°);
3. ****Перформансе у реалном времену****: Мерења на CPU и NVIDIA A100 GPU хардверу показала су да PilotNet (196,8 FPS CPU / 441,9 FPS GPU) и класична обрада (30,8 FPS CPU) раде у реалном времену без GPU-а, док сегментационе мреже захтевају GPU (UNet 35,1 FPS, DeepLabV3+ 29,4 FPS);
4. ****Свеобухватна анализа компромиса****: Систематски су дефинисани односи између рачунарске захтевности, прецизности и робусности свих метода у условима несавршености тестне стазе и механике возила.

5. Закључак и предлог

Кандидат Ана Петровић је у свом мастер раду успешно решила комплексни проблем аутономног управљања возилом заснованог на детекцији саобраћајних трака коришћењем рачунарског вида. Реализован је комплетан, функционалан и модуларан систем који успешно обједињује методе традиционалне обраде слике, напредне моделе дубоког учења за семантичку сегментацију и директно управљање, као и велике мултимодалне моделе. Рад садржи све етапе инжењерског поступка: хардверску интеграцију и комуникационе протоколе, архитектуру серверског софтвера и веб апликације, формирање и анотацију експерименталних скупова података, обуку и вредновање неуралних мрежа, као и темељну упоредну анализу брзине одзива и стабилности вођења.

Током израде мастер рада, кандидат је исказала високу самосталност, систематичност и инжењерску зрелост у приступу сложеним истраживачким и практичним задацима, као и иновативност у решавању проблема специфичних за системе са ограниченим рачунарским ресурсима.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Ане Петровић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 05.09.2026. године

Чланови комисије:

др Предраг Тадић Ванредни професор
сагласан, 05.09.2026.

Наталија Ђорђевић Асистент
сагласан, 05.09.2026.